

## DAUR ULANG GREYWATER UNTUK KEPERLUAN SIRAM WC DAN URINAL PADA RUMAH SAKIT PENDIDIKAN UNIVERSITAS TANJUNGPURA

Odhy Fauzan Bestari<sup>1)</sup> Kiki Prio Utomo<sup>1)</sup> Umar<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> Program Studi Teknik Lingkungan Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura, Pontianak

<sup>2)</sup> Program Studi Teknik Sipil Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura, Pontianak

Email : <sup>1)</sup> [odhy\\_thehofner@yahoo.com](mailto:odhy_thehofner@yahoo.com)

### ABSTRAK

Kelangkaan air bersih masih menjadi masalah yang kita hadapi bersama. Untuk itu perlu suatu cara guna mengatasi permasalahan tersebut. Salah satunya dengan melakukan efisiensi terhadap sumber daya air dengan cara mengurangi pemakaian dan juga mendaur ulang air untuk keperluan tertentu. *Greywater* adalah jenis limbah domestik yang memiliki kandungan pencemar rendah namun memiliki jumlah yang cukup besar. Sekitar 70% limbah domestik merupakan limbah *greywater*. Oleh karena itu *greywater* sangat berpeluang digunakan kembali untuk keperluan tertentu. Dalam penelitian ini akan dirancang sistem daur ulang *greywater* pada Rumah Sakit Pendidikan Universitas Tanjungpura. Limbah *greywater* tersebut akan ditampung dan diolah secukupnya pada IPAL hanya untuk keperluan siram wc dan urinal. *Greywater* yang akan diolah kembali ialah jenis *light greywater*, yang kandungan pencemarnya lebih ringan karena tidak dicampurkan limbah dapur kedalamnya. Air hasil olahan ditampung terlebih dahulu di tangki bawah untuk selanjutnya dipompakan ke tangki atas yang dipasang pada lantai 1. Dari tangki air ini didistribusikan ke seluruh wc dan urinal pada lantai dasar.

**Kata Kunci :** *greywater*, daur ulang *greywater*, rumah sakit unta

### ABSTRACT

*Scarcity of clean water is still a problem that we face together. So that we importantly need a way to resolve the issue. One of them with the efficiency of water resources by reducing consumption and recycling water for specific purposes. Greywater is the kind of domestic waste that has a low contaminant content but has a sizeable amount. About 70% of domestic waste is a waste greywater. It is therefore very likely greywater reuse for a particular purpose. In this study will be designed greywater recycling system at the Tanjungpura University Hospital. The greywater waste will be collected and processed to taste at IPAL only for flushing the toilets and urinals. Which will be recycled greywater is light greywater, the content of contamination is lighter because it is not mixed with kitchen waste into it. The processed water will be collect or patch into base tank and would be pumped up for further to the top tank set up on the 1st floor. It will be distribute from here (this tank) throughout all toilets and urinals in the ground floor.*

**Keywords :** *greywater*, water recycle, Tanjungpura University Hospital

## 1. PENDAHULUAN

Pemenuhan kebutuhan air bersih untuk rumah tangga hingga tahun 2011 secara nasional belum mencapai angka diatas 50%. Penyebabnya antara lain adalah keterbatasan sumber air baku, maka penghematan penggunaan air minum/bersih menjadi suatu keharusan agar air bersih yang dihemat dapat dipergunakan untuk melayani rumah tangga lainnya

Penghematan dapat dilakukan dengan berbagai cara, antara lain dengan menggunakan air secara bertingkat sesuai dengan persyaratan kualitas air minimal yang dapat dipenuhi. Misalnya menggunakan *greywater* untuk kebutuhan siram wc dan urinal yang sebenarnya air siram tersebut tidak harus memiliki kualitas layaknya air bersih, tapi pada kenyataannya penyiraman wc dan tanaman yang terjadi selama ini justru kebanyakan menggunakan air bersih. Hal tersebut nampak miris mengingat kita dihadapi dengan kelangkaan air bersih itu sendiri.

Air bekas atau grey water adalah air buangan yang berasal dari *sink* dapur, *wastafel* dan *floor drain* kamar mandi. Air buangan ini termasuk air kotor tetapi bukan berasal dari kotoran manusia. Kandungannya yang tidak sepekat *black water* berpotensi besar untuk dimanfaatkan kembali. *Greywater* hanya mengandung 10% kadar nitrogen dibanding *blackwater*. Disamping itu, limbah jenis ini hanya sedikit mengandung bakteri patogen yang merugikan. Sekitar 60% air buangan rumah tangga merupakan *grey water* yang berpotensi besar dalam penghematan air jika air tersebut dapat digunakan kembali.

Pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Dhea Yafina dkk dengan judul "*Perencanaan Sistem Plambing Air Limbah dengan Penerapan Green Building pada Gedung Panghegar Resort Dago Golf-Hotel & Spa*" juga memanfaatkan *greywater* untuk keperluan siram wc dan urinal. Demikian pula pada perencanaan daur ulang limbah *greywater* di Rumah Sakit Pendidikan Universitas Tanjungpura (RSP UNTAN) Pontianak. Perencanaan yang ada saat ini masih mencampurkan *greywater* dan *blackwater* menuju IPAL yang hasil keluarannya tidak dirancang untuk dimanfaatkan kembali. Maka, perlu suatu perencanaan yang bertujuan untuk mendaur ulang air limbah (*greywater*) pada gedung Rumah Sakit Universitas Tanjungpura.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### Pemanfaatan Air Hasil Pengolahan *Greywater*

Air siram WC berfungsi untuk menggelontorkan *feces* dari tempat penampungan WC supaya masuk ke *septic tank*. Di dalam *septic tank* terjadi proses dekomposisi *feces* (materi organik) oleh mikroorganisme secara *anaerobik*. Air bekas cucian pakaian yang mengandung banyak sabun atau deterjen jika dimasukkan ke dalam *septic tank* tidak akan menyebabkan busa maupun tidak mengganggu bekerjanya *septic tank*. *Septic tank* akan terganggu bila dimasukkan kedalamnya suatu persenyawaan *ammonium kwartener* yang mempunyai daya bunuh bakteri. Namun persenyawaan ini ternyata hanya menghentikan sebagian saja proses dekomposisi/pembusukan dan secara umum proses pembusukan masih dapat berlangsung (sumber: Materi Training Proyek PLP Sektor Air Limbah 1986). Jadi kualitas air siram wc adalah air yang tidak mengandung materi yang dapat mematikan mikroorganisme atau bakteri pengurai, tidak harus air bersih.

Meskipun ada pernyataan bahwa secara kualitas *greywater* dapat menjadi air siram wc, namun perlu dilakukan penelitian untuk menguji apakah *greywater* tidak mengganggu proses pengolahan tinja yang ada di dalam *septic tank*.

Menurut penelitian BPPT yang ada di artikel “Seberapa Banyak Air yang Kita Gunakan Setiap Hari”, berbagai jenis wc tersedia dengan berbagai kebutuhan air untuk siram wc. Dua tipe wc yang ada adalah tipe jongkok dan tipe duduk. Tipe jongkok ada dua cara siram, yaitu dengan tangki siram tekan dan siram gayung. WC tipe duduk memiliki dua cara siram yaitu tangki siram tekan dengan kebutuhan air 6 liter.

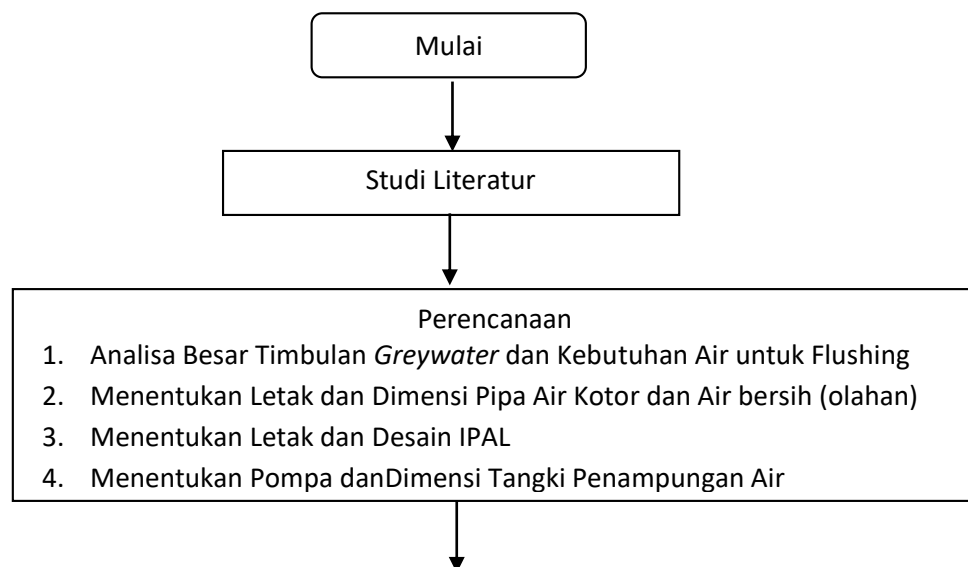
#### **Biofilter Anaerob-aerob**

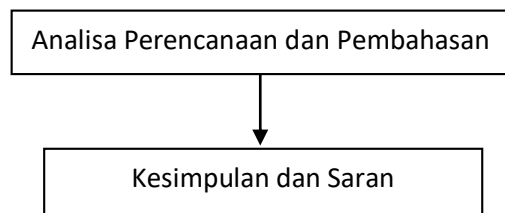
Proses pengolahan air limbah rumah tangga dengan biofilter anerob ini merupakan pengembangan dari proses biofilter anaerob dengan proses aerasi kontak. Pengolahan air limbah dengan proses biofilter anaerob-aerob terdiri dari beberapa bagian, yakni bak pengendap awal, biofilter anaerob (anoxic), biofilter aerob, bak pengendap akhir, dan jika perlu dilengkapi dengan bak kontaktor khlor.

Air limbah dialirkan melalui saringan kasar (bar screen) untuk menyaring sampah yang berukuran besar seperti sampah daun, kertas, plastik, dan lain-lain. Setelah melalui bar screen air limbah dialirkan ke bak pengendap awal untuk mengendapkan partikel lumpur pasir dan kotoran lainnya. Air limpasan dari pengendap awal kemudian dialirkan ke bak kontaktor anaerob dengan arah aliran dari atas ke bawah dan bawah ke atas. Di dalam bak kontaktor anaerob diisi dengan media dari bahan plastik atau kerikil/batu split. Jumlah bak kontaktor anaerob ini bisa dibuat lebih dari satu sesuai dengan kualitas dan jumlah air baku yang akan diolah. Penguraian zat-zat organik yang ada dalam air limbah dilakukan oleh bakteri anaerobik. Setelah beberapa hari operasi, pada permukaan media filter akan tumbuh lapisan film mikroorganisme yang akan menguraikan zat organik yang belum terurai pada bak pengendap.

### **3. METODOLOGI PENELITIAN**

Metodologi perencanaan sisten daur ulang geywater untuk keperluan siram wc dan urinal di Rumah Sakit Universitas Tanjungpura dapat dilihat pada **Gambar 1**. Perencanaan ini dimulai dengan studi literatur dan pengumpulan data yang diperlukan. Data yang didapat kemudian dianalisa sebagai dasar perencanaan sistem daur ulang *greywater*. Perencanaan sistem daur ulang *greywater* meliputi tahap pengumpulan air limbah hingga ke alat plambing.





**Gambar 1.** Diagram Alir Penelitian

#### 4. ANALISA DAN PEMBAHASAN

Sistem daur ulang *greywater* yang direncanakan pada Rumah Sakit Universitas Tanjungpura digunakan untuk keperluan siram wc dan urinal saja. Perencanaan sistem daur ulang itu sendiri terdiri dari:

1. Metode Penaksiran Air Berdasarkan Nilai *Fixture Unit*

Dalam menentukan debit menggunakan metode Unit Beban Alat Plumbing. Adapun cara menentukannya melalui tabel berikut ini:

**Tabel 1** Penaksiran Kebutuhan Air Berdasarkan Nilai *Fixture Unit*

<i>Supply system predominantly for flush tanks</i>	
<i>Load Water Supply Fixture Unit</i>	<i>Demand liter/second</i>
1	0,19
2	0,32
3	0,41
4	0,51
5	0,59
6	0,68
7	0,74
8	0,81
9	0,86
10	0,92
12	1,01
14	1,07
16	1,14
18	1,19
20	1,24
25	1,36
30	1,47
35	1,57
40	1,66
50	1,84
60	2,02
70	2,21
80	2,41
90	2,59
100	2,74

120	3,03
140	3,31
160	3,6
180	3,85
200	4,1
250	4,73
300	5,36
400	6,62
500	7,82
750	10,73
1000	13,12
1250	15,08
1500	16,97
2000	20,5

## 2. Analisa Timbulan *Greywater*

Perhitungan besarnya kapasitas air pada tiap-tiap peralatan plambing yang menghasilkan *greywater* pada bangunan ini menggunakan metode berdasarkan unit beban alat plambing. Metode ini menghasilkan debit air jam puncak / jam maksimum ( $Q_{jm}$ ). Debit air buangan diasumsikan sama dengan debit air olahan, yang berarti semua timbulan *greywater* diolah ke IPAL.

**Tabel 2** Timbulan *Greywater* pada gedung RS Pendidikan Untan

Alat Plambing	FU	Jumlah	Jumlah FU	Qjm
FC	2	40	80	250 l/m
LV	4	20	80	
SH	4	3	12	
Wash Machine	4	6	24	
TOTAL			196	

Didapatkan total Fixture Unit sebanyak 196 FU dengan timbulan puncak sebesar 250 liter/ menit atau 360 m<sup>3</sup>/hari.

## 3. Analisa Kebutuhan Air untuk Siram WC dan Urinal

*Greywater* yang dihasilkan akan dikumpulkan melalui pipa khusus yang menyalurkan *greywater* tersebut ke unit pengolahan. Setelah melewati unit pengolahan, air hasil olahan disalurkan kembali untuk keperluan siram wc, urinal dan tanaman melalui pipa penyaluran. Besarnya air olahan yang dibutuhkan untuk digunakan kembali dapat dilihat pada tabel 2 berikut :

**Tabel 3** Kebutuhan Air untuk Siram WC dan Urinal

Alat Plambing	FU	Jumlah	Jumlah FU	Qjm
WC	5	28	140	230 l/m
UR	3	10	30	
TOTAL				

Berdasarkan tabel diatas didapatkan jumlah fixture unit untuk kebutuhan puncak siram wc dan urinal sebesar 170 FU dengan kebutuhan airnya sebesar 230 liter/menit atau 3,8 liter/detik. Bila dibandingkan dengan jumlah greywater yang akan diolah, jumlah kebutuhan air untuk siram wc dan urinal lebih sedikit dengan selisih sebesar 20 liter/ menit. Sehingga memungkinkan untuk dilakukan daur ulang *greywater* menjadi air untuk siram wc dan urinal.

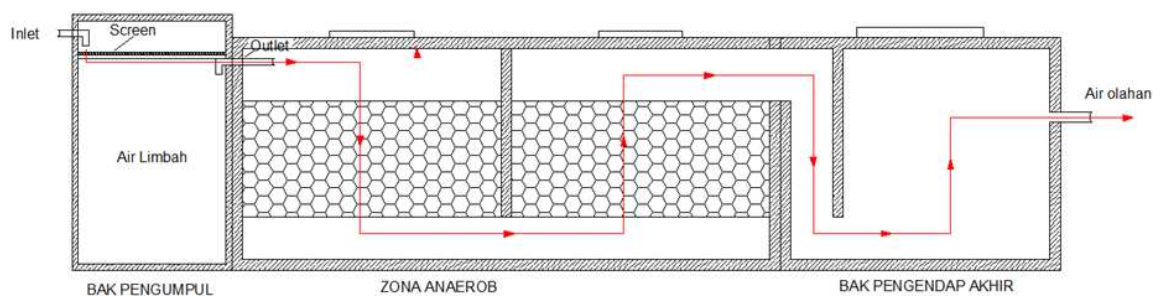
4. Pipa *Greywater*

Pipa *greywater* berfungsi untuk menyalurkan/ mengalirkan *greywater* menuju IPAL. Pipa tersebut terpisah dengan pipa air limbah blackwater dan hanya dipasang pada alat plambing seperti floordrain kamar mandi, wastafel, dan laundry. Jenis pipa yang digunakan ialah pipa plastik PVC. Pemilihan jenis pipa tersebut dikarenakan pipa tersebut ringan, kuat, ekonomis, mudah dipasang dan anti karat.

5. Instalasi Pengolahan Air Limbah *Greywater*

Jenis pengolahan yang dipilih tentunya dipengaruhi oleh karakteristik air limbah yang akan diolah. Pada perencanaan ini menggunakan limbah *greywater* yang bebas dari kotoran manusia, urin dan limbah dapur. Terdapat kendala dalam perencanaan ini dikarenakan Gedung RSP Untan itu sendiri belum beroperasi, sehingga tidak dapat diketahui berapa kandungan pencemarnya. Namun bisa dilakukan perkiraan dengan menggunakan gedung dengan tipe sejenis (kantor) untuk dipilih sebagai perkiraan karakteristik limbah *greywater* RSP Untan. Karakteristik limbah domestik Gedung Pertamina Learning Center dipilih sebagai patokan karakteristik limbah pada perencanaan ini, hal itu disebabkan lantai dasar RSP Untan lebih berfungsi sebagai kantor atau ruang administrasi sama seperti gedung Pertamina Learning Center yang peruntukannya juga sebagai kantor. Gedung RSP Untan dan Gedung PLC memiliki sumber limbah yang sejenis seperti air bekas mandi, air bekas cuci tangan, , air bekas wudhu, air bekas laundry dan air bekas cuci peralatan umum. Karakteristik limbah domestik gedung Pertamina Learning Center mengandung 34,4 mg/l BOD; 64,5 mg/l COD; 22 mg/l NH<sub>3</sub>; pH 7,7; 27mg/l TSS; 0,03 mg/l deterjen; 1,13 mg/l minyak dan lemak.

Air limbah *greywater* yang dihasilkan oleh gedung dikumpulkan secara terpisah dengan air limbah blackwater. *Greywater* dikumpulkan untuk diolah menuju IPAL *Greywater*. IPAL *Greywater* nantinya mempunyai keluaran air yang mampu memenuhi kebutuhan siram wc dan urinal baik secara kuantitas maupun kualitas.



**Gambar 1.** Desain IPAL Greywater RS Universitas Tanjungpura

*Greywater* dikumpulkan ke bak pengumpul dengan sistem gravitasi, di bak ini juga disediakan screen yang berguna untuk menyaring sampah atau kotoran yang dikhawatirkan dapat mengganggu kinerja IPAL dan juga dapat merusak pompa.

Selanjutnya *greywater* dialirkan secara gravitasi menuju pengolahan sekunder. Pengolahan yang dipilih ialah biofilter anaerobik. Pemilihan jenis pengolahan tersebut karena operasinya mudah, tidak menggunakan bahan kimia dan tidak menggunakan banyak energi. Proses ini cocok untuk mengolah limbah dengan kapasitas yang tidak terlalu besar. Media yang digunakan untuk biofilter ini ialah dengan menggunakan plastik tipe sarang tawon. Reaktor biofilter ini terdiri dari 2 ruangan yang berisi media. Pada permukaan media inilah akan tumbuh lapisan film mikroorganisme. Mikroorganisme inilah yang akan menguraikan zat organik pada reaktor biofilter anaerob. Biofilter juga berfungsi sebagai media penyaring air limbah. Air limbah yang setelah melalui media ini akan berkurang suspended solids dan bakteri *E.coli*. Efisiensi penyaringan akan sangat besar karena dengan adanya biofilter up flow yaitu penyaringan dengan sistem sari bawah ke atas yang akan mengurangi kecepatan partikel yang terdapat pada air buangan dan partikel yang tidak terbawa aliran ke atas akan mengendap di dasar bak. Pada pengolahan menggunakan biofilter anaerob ini diharapkan mampu menurunkan 60% BOD menjadi 13 mg/l, 60% COD menjadi 25 mg/l, 60% TSS menjadi 10 mg/l, 60% NH<sub>3</sub>N menjadi 9 mg/l dan 30% kandungan organik menjadi 34 mg/l.

Air limpasan dari reaktor biofilter anaerob dialirkan ke bak pengendap akhir. Bak pengendap akhir ini merupakan bagian terakhir dari IPAL *greywater* sebelum ditampung di tangki penampung air bawah. Pada bak pengendap akhir ini juga terjadi penurunan 30% BOD menjadi 9 mg/l, 30% COD menjadi 17 mg/l, 30% TSS menjadi 7 mg/l, 20% NH<sub>3</sub>N menjadi 7 mg/l, dan 20% kandungan organik menjadi 27 mg/l.

Hasil keluaran IPAL tersebut sudah dianggap mampu secara kualitas untuk memenuhi kebutuhan siram wc dan urinal dengan mencocokkan ke standar air kelas II hanya saja untuk BOD belum mampu mencapai target sebesar 3 mg/l. Akan tetapi menurut standar air (*greywater*) Kanada untuk kegiatan flushing, kandungan BOD justru telah memenuhi standarnya dengan nilai maksimal 20 mg/l.

## 6. Perhitungan Volume Tangki Atas

Tangki atas harus dapat mengantisipasi kebutuhan air pada jam maksimum. Volume tangki atas ditentukan berdasarkan debit jam maksimum ( $Q_{jm}$ ) dan dapat

mengantisipasi jangka waktu kebutuhan puncak selama 30 – 60 menit. Pada kondisi tertentu kebutuhan puncak dapat terjadi pada saat level air dalam tangki atas pada posisi terendah, sehingga perlu diperhitungkan debit air yang harus disuplai. Dengan menggunakan persamaan 2-14, volume tangki atas dapat ditentukan sebagai berikut :

$$V = Q_{jm} \times T_{pu}$$

Dimana :

- $Q_{jm}$  = Kebutuhan air jam maksimum (= 230 lt/mnt)
- $T_{pu}$  = Jangka waktu kebutuhan puncak (=60 menit)

Maka volume tangki atas yang direncanakan adalah :

$$V = 230 \times 60$$

$$V = 13.800 \text{ lt} \approx 13,8 \text{ m}^3$$

#### 7. Perhitungan Volume Tangki Bawah

Kapasitas Ground Reservoir (tangki bawah) ditentukan berdasarkan debit kebutuhan air hari maksimum ( $Q_{maks}$ ) dan kapasitas pengaliran ( $Q_s$ ). Kapasitas pengaliran biasanya diambil 2/3 dari kebutuhan air hari maksimum.

Perhitungan kapasitas pengaliran dapat ditentukan sebagai berikut:

$$Q_s = \frac{2}{3} \times Q_{max}$$

Dimana:

- $Q_{max}$  = Debit air kebutuhan (= 240 m3/ hari)

Maka:

$$Q_s = \frac{2}{3} \times 240$$

$$Q_s = 160 \text{ m}^3/\text{hari} \text{ atau } 6,67 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Perhitungan volume tangki dapat ditentukan sebagai berikut :

$$V_{GR} = Q_{max} - (Q_s \times T)$$

Dimana :

- $Q_{max}$  = Debit air kebutuhan (= 240 m3/ hari)
- $Q_s$  = Debit rencana air olahan (= 6,67 m3/ jam)
- $T$  = Jangka waktu pemakaian air (=24 jam/hari)

Maka :

$$V_{GR} = 240 - (6,67 \times 24)$$

$$V_{GR} = 80 \text{ m}^3$$

#### 8. Pipa Distribusi Air Bersih (Olahan)



Pipa Distribusi berfungsi untuk menyalurkan air hasil olahan ke alat plambing. Pipa tersebut dimulai dari tangki penampung atas sampai ke ujung alat plambing. Alat plambing yang dilayani untuk disalurkan air olahan ialah wc dan urinal yang berada pada lantai dasar. Jenis pipa yang digunakan ialah pipa plastik PVC. Pemilihan jenis pipa tersebut dikarenakan pipa tersebut ringan, kuat, ekonomis, mudah dipasang dan anti karat.

## 5. KESIMPULAN

Adapun kesimpulan dari hasil dan analisis yang telah dilakukan adalah:

1. Sistem daur ulang *greywater* yang direncanakan ialah dengan mengumpulkan air bekas pakai/ *greywater* dari wastafel, keran, shower dan mesin cuci, selanjutnya dialirkan ke IPAL *greywater* dan didistribusikan ke setiap wc dan urinal untuk keperluan *flushing*.
2. Rancangan teknis perpipaan pada perencanaan ini dengan memisahkan antara pipa *blackwater* dan *greywater*. Untuk pipa *greywater* dialirkan ke IPAL khusus *greywater* yang hasil keluarannya dialirkan ke setiap wc dan urinal. Pipa yang digunakan ialah pipa pvc dengan panjang dan dimensi yang telah diatur berdasarkan perhitungan.

## 6. SARAN

1. Perlu penelitian dan penelusuran lebih lanjut apakah sistem daur ulang *greywater* bisa dilakukan tanpa melakukan pengolahan sama sekali sehingga tidak diperlukan IPAL.
2. Perlu penelitian dan pengambilan sampel yang sebenarnya guna menentukan kapasitas IPAL dan jenis pengolahan yang dipilih nantinya,

## 7. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Kiki Prio Utomo, S.T, M.Sc; Umar, S.T, M.T; Eko Yulianto, S.T, M.T dan Hendri Sutrisno, S.T, M.T atas bimbingan dan saran yang telah diberikan, juga ucapan terimakasih kepada Prodi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura serta seluruh teman-teman seangkatan 2011 yang telah memberikan bantuan agar terselesaikannya penelitian ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- Louis S Nielsen. 1987. *Standart Plumbing Engineering Design*. New York : McGraw Hill Book Company.
- Metcalf & Eddy, inc., Tchobanoglous., G.,Burton,F.L.,&Stensel , H.D. (2004) *Wastewater Engineering Treatment And Reuse* (4<sup>th</sup>ed). Singapore : McGraw Hill
- Materi Training Proyek PLP Sektor Air Limbah , Direktorat Jenderal Cipta Karya , Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 tentang *Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air*
- Ruswandi. *Bahan Kuliah Utilitas Bangunan*. 2010. Universitas Gunadarma
- Safe Use Household Grey Water*. [http://aces.nmsu.edu/pubs/\\_m/m-106.html](http://aces.nmsu.edu/pubs/_m/m-106.html) .2013.

Sulistiyantara, Bambang. 1995. *Taman Rumah Tinggal*. Penebar Swadaya Jakarta

Sofyan M. Noerbambang, Takeo Morimura. 1996. *Perancangan dan Pemeliharaan Sistem Plambing*. Tokyo: Association for International Technical Promotion

Susenas. 2009. dalam materi *Kebijakan dan Strategi Pengembangan SPAM*, Bandung 8 Mei 2012

Standar Nasional Indonesia. 2000. SNI 03-6481-2000 tentang *Sistem Plambing*

Standar Nasional Indonesia. 2005. SNI 03-6481-2000 tentang *Tata Cara Perencanaan Sistem Plambing*

Taufan, Muhammad. 2011. *Engineering Building Info*. Jakarta : PT.Wijaya Nusantara

Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 7 Tahun 2004 tentang *Sumber Daya Air*

Victor L Streeter, E. Benjamin Wylie. 1996 . *Mekanika Fluida*. Jakarta : Erlangga